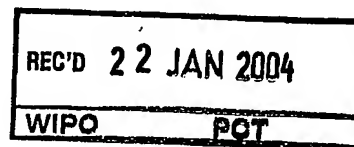


(09. 01. 2004)

PCT/EP 03 / 12316

#2



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 56 107.9  
**Anmeldetag:** 29. November 2002  
**Anmelder/Inhaber:** AUDI AG,  
Ingolstadt/DE  
**Bezeichnung:** Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung des  
Brennraumdrucks  
**IPC:** F 02 D, G 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. November 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

(Stempel)

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

---

5      Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung des Brennraumdrucks

---

**BESCHREIBUNG:**

10      Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Schätzung eines Brennraumdrucks einer Brennkraftmaschine sowie eine entsprechende Vorrichtung hierzu.

15      Zur Beschreibung der Vorgänge in einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine wird vielfach der Brennraumdruck als maßgebliche Größe herangezogen. Kenntnisse über die Verbrennung können für die Motorsteuerung verwendet werden, um den Verbrennungsprozess zu optimieren. Dementsprechend können die Parameter des Verbrennungsprozesses, z. B. Zündzeitpunkt und Ventilsteuerung, durch das Motorsteuergerät gesetzt werden.

20      Der Brennraumdruck lässt sich durch einen Drucksensor ermitteln. Aufgrund der ausgesprochen hohen zu messenden Drücke sind derartige Sensoren weder in der Herstellung noch im Einbau und in der Wartung kostengünstig. Dies wirkt sich umso nachteiliger bei Brennkraftmaschinen mit hohen Zylinderzahlen aus.

25      Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, auf kostengünstigere Art und Weise Daten über den Verbrennungsprozess in den einzelnen Brennräumen einer Brennkraftmaschine zu gewinnen.

30      Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Schätzung eines Brennraumdrucks einer Brennkraftmaschine durch Modellieren der Brennkraftmaschine mit mehreren Modellparametern in einem Modell unter Bereitstellung eines Brennraumdruckwerts und eines Modellwechsel-

35      drehmoments, Erfassen eines Ist-Wechseldrehmoments, Abgleichen des Modellwechseldrehmoments mit dem Ist-Wechseldrehmoment unter Abänderung der Modellparameter und Ermitteln eines Schätzwerts des Brennraumdrucks anhand des Modells auf der Grundlage der geänderten Modellparameter.

Ferner ist erfindungsgemäß vorgesehen eine entsprechende Vorrichtung zur Schätzung eines Brennraumdrucks einer Brennkraftmaschine mit einer Recheneinrichtung zum Modellieren der Brennkraftmaschine mit mehreren Modellparametern in einem Modell unter Bereitstellung eines Brennraumdruckwerts und eines Modellwechseldrehmoments, einer an die Recheneinrichtung angeschlossene Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Ist-Wechseldrehmoments, wobei durch die Rechereinheit das Modellwechseldrehmoment mit dem Ist-Wechseldrehmoment unter Abänderung der Modellparameter abgleichbar und ein Schätzwert des Brennraumdrucks anhand des Modells auf der Grundlage der geänderten Modellparameter ermittelbar ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Modell ist es möglich, Aussagen über den Energieumsatz in jedem Zylinder zu erhalten. Vorteilhaft dabei ist, dass nicht für jeden Zylinder ein Kennfeld mit einer Vielzahl von Parametern im Vorfeld aufgenommen werden muss, um für einen aktuellen Lauf Daten über den Verbrennungsprozess zu erhalten. Vielmehr ist es durch das Modell möglich, realistische Parameter für den Kreisprozess zu erhalten und damit beispielsweise eine Schadstoff- oder Kraftstoffminimierung durchzuführen.

Vorzugsweise ist in dem Modell ein Kreisprozessmodell zur Beschreibung einer Verbrennung in einer Brennkammer enthalten. Geeignete Kreisprozessmodell sind hinlänglich bekannt und lassen mit einer Vielzahl von Parametern praktisch jeden Brennprozess simulieren.

Ferner kann das Modell ein mechanisches Modell zur Beschreibung eines Feder-Masse-Systems der Brennkraftmaschine umfassen. Hiermit kann die individuelle Mechanik einer Brennkraftmaschine zur Erzeugung eines Drehmoments berücksichtigt werden.

Zur Gewinnung eines Modellwechseldrehmoments kann eine Bandbegrenzung vorgesehen sein. Mit Hilfe dieser Bandbegrenzung lässt sich zum einen der Gleichanteil ausfiltern und zum anderen eventuelle Störungen im Hochfrequenzbereich minimieren.

Vorzugsweise erfolgt der Abgleich zwischen dem Modellwechseldrehmoment und dem Ist-Wechseldrehmoment durch Fehlerberechnung und Reduzieren des Fehlers unter eine vorgegebene Schranke durch die Modellparameter

mit Hilfe eines Regelkreises. Durch diesen Regelkreis erfolgt eine automatische Modellvalidierung. Es ist aber auch möglich, aus der Abweichung zwischen dem Modellwechseldrehmoment und dem Ist-Wechseldrehmoment durch einen einzigen Rechenschritt optimierte Modellparameter zu ermitteln, was auch als Einschrittverfahren bezeichnet wird.

Das Ist-Wechseldrehmoment kann ein Schätzwert sein, der durch ein Momentenschätzmodell ermittelt wurde. Des Weiteren kann das Ist-Wechseldrehmoment auch messtechnisch erfasst werden, wie dies in der Einleitung erwähnt wurde.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert, die ein Blockschalt diagramm des erfindungsgemäßen Modells zur Zylinderdruckschätzung wiedergibt. Die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Grundlage der Zylinderdruckschätzung ist ein Vergleich eines tatsächlich gemessenen oder ebenfalls geschätzten Ist-Wechseldrehmoments  $IW$  mit einem Modellwechseldrehmoment  $MW$ , das durch ein geeignetes Modell ermittelt wird. In der Abbildung ist das Modell als Regelschleife auf der rechten Seite dargestellt. Das Modell setzt sich im Wesentlichen aus einem Kreisprozessmodell 1 und einem mechanischen Modell 2 zusammen. In das Kreisprozessmodell werden, wie dies durch den von oben kommenden Pfeil in der Abbildung angedeutet ist, zunächst Startwerte zum Beispiel für Motor-temperatur, Zündzeitpunkt und dergleichen als grobe Anhaltswerte für aktuelle Betriebswerte des Motors aus der Motorsteuerung entnommen. Auf der Grundlage dieser Eingangsparameter berechnet das Kreisprozessmodell 1 einen Druckverlauf in den einzelnen Brennkammern der verschiedenen Zylinder.

Das mechanische Modell 2 verwendet die ermittelten Druckverläufe in den einzelnen Zylindern, um daraus einen Momentenverlauf der Kurbelwelle zu generieren. Hierzu wird das Feder-Masse-System der Brennkraftmaschine berücksichtigt. Insbesondere wird ein Drehmoment mit Gleich- und Wechsel-anteil berechnet. Der Wechselanteil beinhaltet Torsionsmomente beispielsweise der Kurbelwelle und Trägheitsmomente rotierender oder oszillierender Massen wie Kurbelwelle, Pleuel und dergleichen.

Der aus dem mechanischen Modell 2 gewonnene Momentenverlauf wird in dem Block 3 einer Bandbegrenzung unterzogen. Diese dient insbesondere der Mittelwertbefeuerung, d. h. der Befreiung des Momentenverlaufs von dem auftretenden Gleichmoment. Darüber hinaus werden durch die Bandbegrenzung auch höhere Störfrequenzen eliminiert, so dass das Signal-Rausch-Verhältnis des verbleibenden Nutzsignals steigt. Ausgangssignal des Blocks 3 ist somit ein störungsreduziertes Modellwechseldrehmoment MW.

In dem Block 4 wird dieses Modellwechseldrehmoment MW mit einem Ist-Wechseldrehmoment IW verglichen und ein entsprechender Fehler ermittelt und als Ausgangssignal bereitgestellt. Vorzugsweise wird als Fehler der mittlere quadratische Fehler verwendet.

In einem Block 5 wird versucht, diesen Fehler zu minimieren. Hierzu wird der Fehler mit einer vorgegebenen Schranke verglichen. Ist der Fehler größer als die Schranke, so wird einer oder mehrere der Modellparameter für das Kreisprozessmodell 1 geändert. Ist der mittlere quadratische Fehler kleiner als die vorgegebene Schranke, so ist das gewünschte Optimum erreicht und die Modellparameter des Kreisprozessmodells 1 können als für den aktuellen Verbrennungsvorgang realistisch angesehen werden.

Die optimalen Modellparameter werden hier iterativ in einer Regelschleife gefunden. Alternativ kann hierfür aber auch ein rechnerisch aufwändigeres Einschnittverfahren verwendet werden.

Im linken Teil der Abbildung ist angedeutet, wie das Ist-Wechseldrehmoment IW ermittelt wird. Dies erfolgt im vorliegenden Fall mittels eines Momentenschätzverfahrens. Das hierfür verwendete Modell ist mit Block 6 symbolisiert. Dabei durchläuft ein mittels Periodendauermessung 61 gewonnenes Drehzahlsignal zunächst eine Geberradfehlerkompensation beziehungsweise Geberradadaption 62. Der Geberradfehler muss für jeden Motor vorher nur einmal eingelernt und dann abgelegt werden. Die anschließende Verarbeitung mit digitaler Filterung und Massenkraftkompensation 63 führt zum gewünschten Ist-Wechseldrehmoment IW.

Anstelle der Schätzung des Ist-Wechseldrehmoments kann dieses auch unmittelbar durch Messung ermittelt werden. Eine Sensorik hierfür ist aus Kostengründen in Serien-Fahrzeugen in der Regel jedoch nicht verbaut.

5 Zusammenfassend betrachtet kann somit die kurbelwinkelaufgelöste Auswertung des Momentensignals zur Schätzung des Zylinderdrucks herangezogen werden. Die so realisierte Zylinderdruckschätzung ebnet den Weg zum drehzahlbasierten, zylinderselektiven Motormanagement ohne kostspielige Zylinderdrucksensoren. Ein typischer Anwendungsfall wäre die Zylinder-  
aussetzererkennung. Des Weiteren können die gewonnenen Motordaten auch für die Kraftfahrzeugsicherheitskonzepte verwendet werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Schätzung eines Brennraumdrucks einer Brennkraftmaschine

5

gekennzeichnet durch

Modellieren der Brennkraftmaschine mit mehreren Modellparametern in einem Modell (1, 2) unter Bereitstellung eines Brennraumdruckwerts und eines Modellwechseldrehmoments (MW),

10

Erfassen eines Ist-Wechseldrehmoments (IW),

15

Abgleichen (4, 5) des Modellwechseldrehmoments (MW) mit dem Ist-Wechseldrehmoment (IW) unter Abänderung der Modellparameter und

Ermitteln eines Schätzwerts des Brennraumdrucks anhand des Modells (1, 2) auf der Grundlage der geänderten Modellparameter.

- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Modell (1, 2) ein Kreisprozessmodell (1) zur Beschreibung einer Verbrennung in einer Brennkammer umfasst, wobei insbesondere Startwerte aus einer Motorsteuerung entnommen werden.

- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Modell (1, 2) ein mechanisches Modell (2) zur Beschreibung eines Feder-Masse-Systems der Brennkraftmaschine umfasst.

- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zur Gewinnung des Modellwechseldrehmoments (MW) eine Bandbegrenzung (3) durchgeführt wird.

- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Abgleichen (4, 5) durch Fehlerberechnung (4) und Reduzieren des Fehlers (5) unter einer vorgegebenen Schranke in einem Regelkreis mittels der Modellparameter erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Ist-Wechseldrehmoment (IW) ein Schätzwert aus einem Momentenschätzmodell ist.

- 5 7. Vorrichtung zur Schätzung eines Brennraumdrucks einer Brennkraftmaschine

gekennzeichnet durch

- 10 eine Recheneinrichtung zum Modellieren der Brennkraftmaschine mit mehreren Modellparametern in einem Modell (1, 2) unter Bereitstellung eines Brennraumdruckwerts und eines Modellwechseldrehmoments (MW),

- 15 eine an die Recheneinrichtung angeschlossene Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines Ist-Wechseldrehmoments (IW), wobei durch die Rechereinheit das Modellwechseldrehmoment (MW) mit dem Ist-Wechseldrehmoment (IW) unter Abänderung der Modellparameter abgleichbar und ein Schätzwert des Brennraumdrucks anhand des Modells (1, 2) auf der Grundlage der geänderten Modellparameter ermittelbar ist.
- 20

- 25 8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei das in der Recheneinrichtung abgelegte Modell (1, 2) ein Kreisprozessmodell (1) zur Beschreibung einer Verbrennung in einer Brennkammer umfasst, wobei insbesondere Startwerte aus einer Motorsteuerung entnehmbar sind.

- 30 9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei das in der Recheneinrichtung abgelegte Modell (1, 2) ein mechanisches Modell (2) zur Beschreibung eines Feder-Masse-Systems der Brennkraftmaschine umfasst.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, die zur Gewinnung des Modellwechseldrehmoments (MW) aus einem Momentenverlauf eine Filtereinrichtung für eine Bandbegrenzung (3) umfasst.

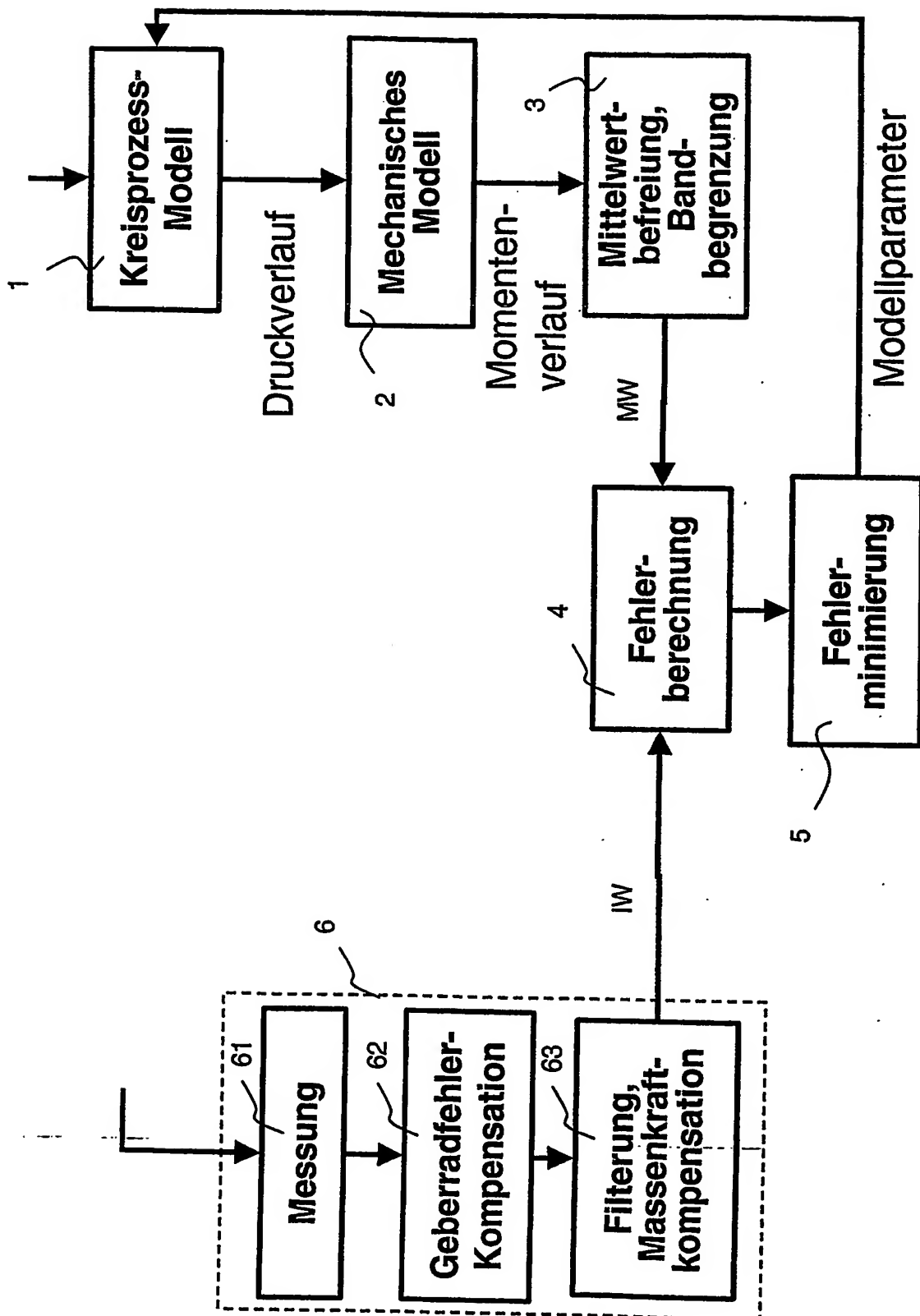
35

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei ein Abgleichen des Modellwechseldrehmoments (MW) mit dem Ist-Wechseldrehmoment (IW) in der Recheneinrichtung durch Fehlerberechnung und Reduzieren



eines Fehlers unter eine vorgegebene Schranke in einem Regelkreis mittels der Modellparameter durchführbar ist.

- 5 12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, wobei die Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Ist-Wechseldrehmoments (IW) eine weitere Recheneinrichtung zum Schätzen des Ist-Wechseldrehmoments (IW) aus einem Messwert bezüglich einer Winkelgeschwindigkeit der Brennkraftmaschine besitzt.



---

## Verfahren und Vorrichtung zur Schätzung des Brennraumdrucks

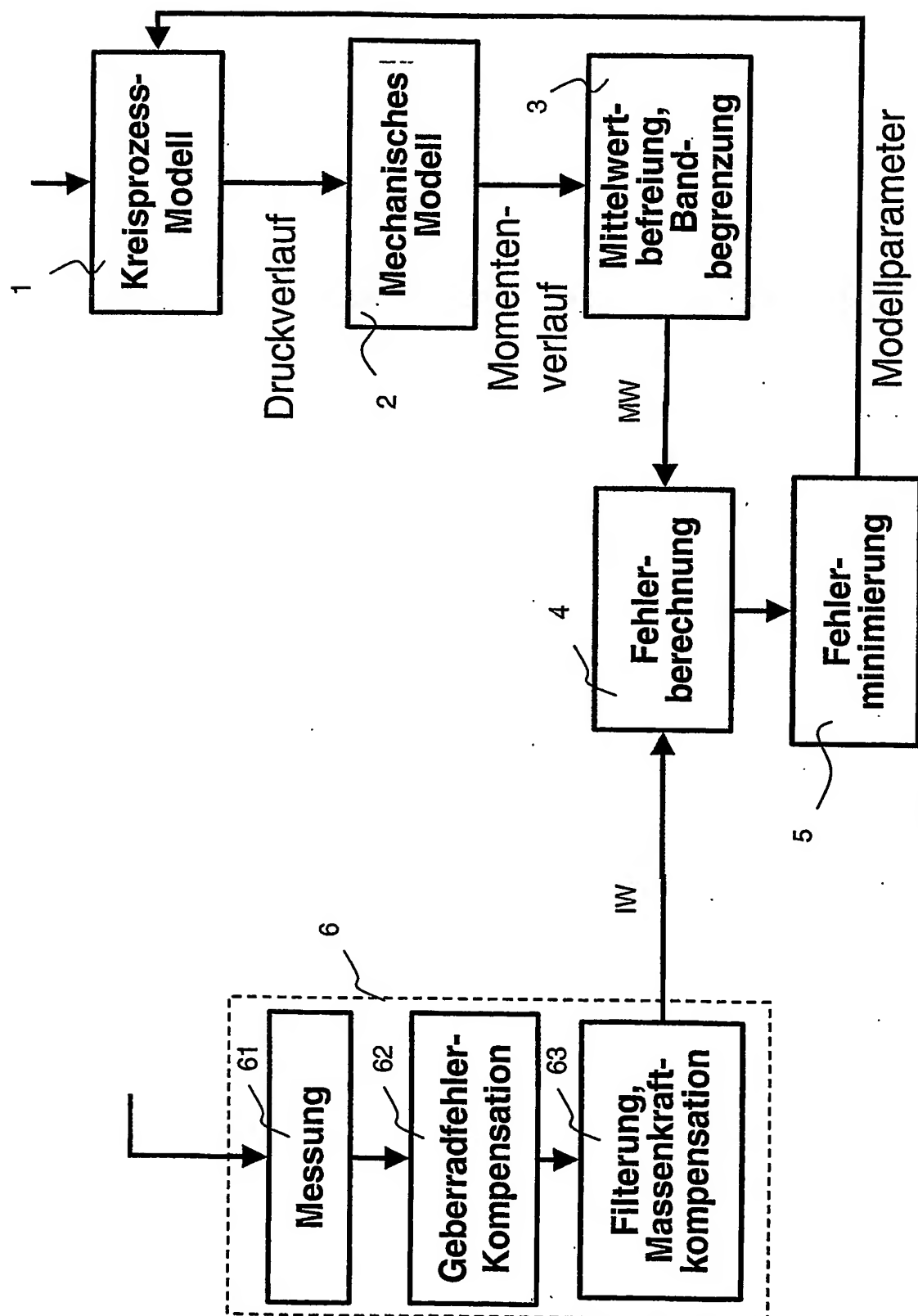
---

5

### ZUSAMMENFASSUNG:

10 Zur Optimierung des Verbrennungsprozesses in Brennkraftmaschinen sollen Aussagen über den Zylinderdruck gewonnen werden. Hierzu wird die Brennkraftmaschine mit mehreren Modellparametern modelliert (1 bis 5). Ein gewonnenes Modellwechseldrehmoment (MW) wird mit einem Ist-Wechseldrehmoment (IW) verglichen. Entsprechend dem Vergleich werden die Modellparameter verändert. Aufgrund der veränderten Modellparameter liefert das Modell realistische Werte über den Brennraumdruck.

15



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**